

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
11. Juli 2002 (11.07.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/054038 A2

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **G01M 15/00**

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; Postfach 30 02
20, 70442 Stuttgart (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/DE01/04797**

(72) Erfinder; und

(22) Internationales Anmeldedatum:
19. Dezember 2001 (19.12.2001)

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **UNGER, Joachim**
[DE/DE]; Falkenweg 7, 70839 Gerlingen (DE). **VON**
HUELSEN, Wolfram [DE/DE]; Forchenrainstr. 17/1,
10839 Gerlingen (DE). **BOLLE, Hermann** [DE/DE];
Nelkenweg 1, 76356 (DE). **BINDEL, Ralf** [DE/DE]; Karl-
strasse 30, 73650 Winterbach (DE). **HAAS, Ralf** [DE/DE];
Wilhelmstrasse 34, 75428 Illingen (DE). **WOLF, Dirk**
[DE/DE]; Fronaeckerstrasse 6, 71272 Renningen (DE).

(25) Einreichungssprache: **Deutsch**

(26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**

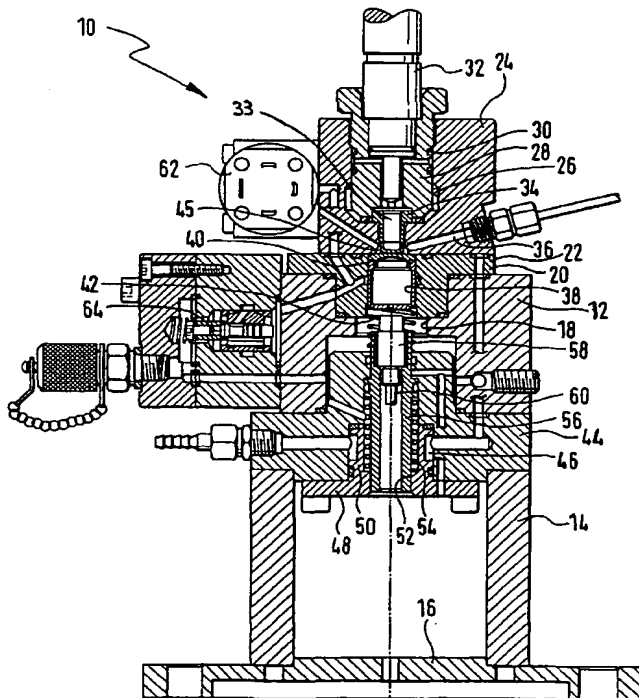
(30) Angaben zur Priorität:
101 00 459.1 8. Januar 2001 (08.01.2001) DE

(81) Bestimmungsstaaten (national): CN, JP, US.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: DEVICE AND METHOD FOR MEASURING THE INJECTED-FUEL QUANTITY OF INJECTION SYSTEMS, IN PARTICULAR FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINES OF MOTOR VEHICLES

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM MESSEN DER EINSPRITZMENGE VON EINSPRITZSYSTEM, INSBESONDERE FÜR BRENNKRAFTMASCHINEN VON KRAFTFAHRZEUGEN



(57) Abstract: The invention relates to a device (10) for measuring the injected-fuel quantity of injection systems (32), in particular for internal combustion engines and in particular in an in-process inspection, comprising a measuring chamber (45). The invention is also provided with a connection device (28), which allows at least one injection system (32) to be connected to the measuring chamber (45) in a pressure-tight manner. A piston (40) is guided through a wall of the measuring chamber (45). The invention also relates to a registration device (58), which registers a displacement of the piston (40). To increase the measuring precision of the device (10), the registration device (58) operates in a contactless manner.

(57) Zusammenfassung: Eine Vorrichtung (10) zum Messen der Einspritzmenge von Einspritzsystemen (32) insbesondere für Brennkraftmaschinen von Kraftfahrzeugen und insbesondere in der Fertigungsprüfung umfasst eine Messkammer (45). Ferner ist eine Verbindungseinrichtung (28) vorgesehen, durch die mindestens ein Einspritzsystem (32) mit der Messkammer (45) druckdicht verbindbar ist. Ein Kolben (40) ist durch eine Wand der Messkammer (45) hindurchgeführt. Ausserdem ist eine Erfassungseinrichtung (58) vorgesehen, mit der eine

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 02/054038 A2



(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

Bewegung des Kolbens (40) erfasst werden kann. Um die Messgenauigkeit der Vorrichtung (10) zu erhöhen, wird vorgeschlagen, dass die Erfassungseinrichtung (58) berührungslos arbeitet.

5

10 Vorrichtung und Verfahren zum Messen der Einspritzmenge von
Einspritzsystemen, insbesondere für Brennkraftmaschinen von
Kraftfahrzeugen

15 Stand der Technik

15

20

25

Die vorliegende Erfindung betrifft zunächst eine Vorrichtung zum Messen der Einspritzmenge von Einspritzsystemen, insbesondere für Brennkraftmaschinen von Kraftfahrzeugen und insbesondere in der Fertigungsprüfung, mit einer Messkammer, einer Verbindungseinrichtung, durch die mindestens ein Einspritzsystem mit der Messkammer druckdicht verbindbar ist, mit einem Kolben, der mindestens bereichsweise die Messkammer begrenzt und mit einer Erfassungseinrichtung, die eine Bewegung des Kolbens erfasst.

30

35

Eine solche Vorrichtung ist vom Markt her bekannt und wird als EMI (Einspritzmengenindikator) bezeichnet. Dieser besteht aus einem Gehäuse, in dem ein Kolben geführt ist. Der Innenraum des Gehäuses und der Kolben begrenzen eine Messkammer. Diese weist eine Öffnung auf, an die ein Einspritzsystem, beispielsweise ein Injektor mit einer Einspritzdüse, druckdicht ansetzbar ist. Spritzt das Einspritzsystem Kraftstoff in die Messkammer ein, wird ein in der Messkammer befindliches Fluid verdrängt. Hierdurch bewegt sich der Kolben, was von einem Wegsensor erfasst wird. Aus dem Weg des Kolbens kann auf die Volumenänderung

- 2 -

der Messkammer bzw. des dort gehaltenen Fluids und hierdurch auf die eingespritzte Kraftstoffmenge geschlossen werden.

- 5 Zur Messung der Bewegung des Kolbens wird bei dem bekannten Einspritzmengenindikator mit einer Anordnung aus einem Messstößel und einem induktiven Wegmesssystem gemessen. Der Messstößel ist als Taster ausgeführt oder fest mit dem Kolben verbunden. Bei einer Bewegung des Kolbens wird also
- 10 auch der Messstößel in Bewegung versetzt, und letztlich wird die Bewegung des Messstößels erfasst und ein entsprechendes Signal an eine Auswerteeinheit weitergeleitet.
- 15 Der bekannte Einspritzmengenindikator arbeitet bereits mit sehr hoher Genauigkeit. Die aus dem Messkolben und dem Messstößel bestehende Einheit weist jedoch ein gewisses Gewicht auf, welches wiederum zu einer gewissen Massenträgheit dieser Einheit führt. Bei einer Einspritzung
- 20 von Prüffluid in die Messkammer durch das Einspritzsystem kann es daher sein, dass der Kolben und der an diesem befestigte Messstößel eine Bewegung ausführen, welche nicht exakt die Volumenvergrößerung des Messfluids innerhalb der Messkammer wiedergibt. Insbesondere bei sehr kleinen
- 25 Einspritzmengen oder bei Einspritzungen, welche aus mehreren, dicht hintereinander folgenden Teileinspritzungen bestehen, kann es daher zu Ungenauigkeiten bei der volumetrischen Messung von Einspritzmengen kommen.
- 30 Die vorliegende Erfindung hat daher die Aufgabe, eine Vorrichtung der eingangs genannten Art so weiterzubilden, dass mit ihr eine Messung der Einspritzmenge von Einspritzsystemen mit hoher Auflösung, Genauigkeit und Stabilität möglich ist. Insbesondere sollen auch einzelne
- 35 Teileinspritzmengen während einer aus mehreren Teileinspritzungen bestehenden Gesamteinspritzung gemessen

- 3 -

werden können.

Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, dass die Erfassungseinrichtung berührungslos arbeitet.

5

Durch diese Maßnahme wird erreicht, dass bei einer Einspritzung von Prüffluid in die Messkammer im Wesentlichen nur die Masse des Kolbens in Bewegung versetzt werden muss, jedoch kein Messstößel oder Messtaster mitzubewegen ist. Auf diese Weise wird also die Gesamtmasse der bei einer Einspritzung in Bewegung zu versetzenden Einheit reduziert. Der Kolben kann damit sehr viel spontaner auf eine Volumenänderung des Prüffluids in der Messkammer reagieren, der Kolbenhub kann also sehr direkt und ohne überlagerte Schwingungen dem Einspritzvolumen folgen.

10
15

Dadurch, dass die Bewegung des Kolbens nicht durch eine zusätzliche schwingende Masse eines Wegmesssystems beeinflusst wird, werden auch die auftretenden Kolbenschwingungen geringer und klingen bei gegebener Dämpfung des Kolbens schneller ab. Darüber hinaus reduziert sich auch die Belastung des Kolbens aufgrund von Trägheitskräften, da am Kolben keine bzw. keine wesentliche zusätzliche Masse anhaftet. Verformungen des Kolbens, die ebenfalls zu einem Messfehler führen können, reduzieren sich somit.

20

25

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in Unteransprüchen angegeben.

30

Optimal ist es, wenn die Erfassungseinrichtung keine mit dem Kolben verbundenen Teile aufweist. In diesem Fall ist die Masse, die bei einer Einspritzung in Bewegung zu versetzen ist, minimal, so dass die gewünschten Effekte wiederum maximal sind.

35

- 4 -

Bei einer Weiterbildung der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird vorgeschlagen, dass die Erfassungseinrichtung kapazitiv arbeitet. Hierbei handelt es sich um ein besonders einfaches und präzises, berührungsloses Messsystem. In Weiterbildung dieses kapazitiven Messsystems wird auch vorgeschlagen, dass der Kolben oder ein Teil des Kolbens eine Elektrode eines Kondensators bildet.

Bei einer anderen Weiterbildung arbeitet die Erfassungseinrichtung induktiv und umfasst insbesondere einen Wirbelstromsensor. Ein Wirbelstromsensor umfasst im Allgemeinen einen halboffenen Ferritkern, auf dem eine Magnetwicklung angeordnet ist. Wird an die Wicklung ein magnetisches Wechselfeld angeschlossen, treten dessen Feldlinien aus der Ebene des Wirbelstromsensors aus, gehen durch den Kolben hindurch und kehren wiederum zum Ferritkern zurück. Dabei erzeugt das magnetische Wechselfeld im elektrisch leitfähigen Kolben Wirbelströme.

Diese Wirbelströme im Kolben nehmen in der Regel mit geringerem Abstand zwischen Wirbelstromsensor und Kolben zu. Auf der Eingangsseite der Sensorspule kann diese Änderung der Wirbelströme über die Änderung der komplexen Eingangsimpedanz messtechnisch ausgewertet werden. Dabei ist es besonders vorteilhaft, wenn die Frequenz des magnetischen Wechselfeldes relativ hoch ist, da hierdurch im Kolben relativ hohe Wirbelströme erzeugt werden und außerdem die Eindringtiefe des magnetischen Wechselfeldes in dem Kolben relativ klein ist, wodurch wiederum die Messgenauigkeit erhöht wird.

Weiterhin kann die Erfassungseinrichtung auch nach dem Laser-Triangulationsverfahren arbeiten. Bei diesem wird der Strahl einer Laserlichtquelle von einer Optik zu einem schmalen Strahlkegel geformt, der an einer der Laserlichtquelle zugewandten Stelle des Kolbens einen

- 5 -

kleinen, sichtbaren Lichtpunkt erzeugt. Dieser Messfleck wird von der Abbildungsoptik auf einen positionsempfindlichen Detektor abgebildet. Ändert sich der Abstand des Kolbens von der Laserlichtquelle, verschiebt sich der Auftreffort des Abbildungsstrahls auf dem Detektor. Aus dem Bildort kann nun auf den Abstand des Kolbens von der Laserlichtquelle bzw. von dem Detektor zurückgerechnet werden. Um zu verhindern, dass unterschiedliche Reflektionseigenschaften an verschiedenen Orten des Kolbens das Messergebnis verfälschen, muss eine Belichtungsregelung durchgeführt werden.

Auch ein Laser-Interferometer eignet sich für die berührungslose Wegmessung.

Erfindungsgemäß wird ferner vorgeschlagen, dass die Vorrichtung eine Erfassungseinrichtung umfasst, welche wiederum ein Laser-Doppler-Vibrometer aufweist. Dieses arbeitet nach dem Prinzip der sog. "Dopplerfrequenzverschiebung". Dabei wird das Licht einer Laserlichtquelle in einen Messstrahl und einen Referenzstrahl geteilt. Der Messstrahl wird auf den Kolben gerichtet. Ein Teil des rückgestreuten Lichts wird über eine Optik so gelenkt, dass sich Messstrahl und Referenzstrahl überlagern. Bei dieser Überlagerung entsteht eine Intensitätsmodulation, deren Frequenz proportional der Bewegungsgeschwindigkeit des Kolbens ist. Um die Richtung der Bewegung des Kolbens zu erkennen, kann ein akustooptischer Modulator, beispielsweise eine sog. Braggzelle, verwendet werden. Aus der Geschwindigkeit und einer Ausgangsposition kann wiederum der Weg rückgerechnet werden, den der Kolben zurückgelegt hat.

Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass es durchaus möglich ist, mehrere Erfassungseinrichtungen, welche nach unterschiedlichen Prinzipien arbeiten, an ein

- 6 -

und demselben Kolben einzusetzen. Hierdurch ist es nicht nur möglich, die Funktionsfähigkeit der einzelnen Erfassungseinrichtungen zu überprüfen, sondern es kann auch ein Fehlerabgleich der einzelnen Erfassungseinrichtungen durchgeführt werden, welcher zu einer erheblichen Erhöhung der Messgenauigkeit führt.

Die vorliegende Erfindung betrifft auch ein Verfahren zum Messen der Einspritzmenge von Einspritzsystemen insbesondere für Kraftfahrzeuge und insbesondere in der Fertigungsprüfung, bei dem ein Prüffluid von einem Einspritzsystem in eine Messkammer eingespritzt wird und bei dem die durch die Einspritzung bewirkte Bewegung eines durch eine Wand der Messkammer hindurchgeführten vorgespannten Kolbens erfasst wird.

Um die Messgenauigkeit der Einspritzmenge zu erhöhen, wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, dass die Bewegung des Kolbens berührungslos erfasst wird. Diese berührungslose Erfassung der Kolbenbewegung kann dabei nach jedem der oben beschriebenen Verfahren erfolgen.

Nachfolgend werden zwei Ausführungsbeispiele der Erfindung unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung im Detail erläutert. In dieser zeigen:

Figur 1 einen Schnitt durch ein erstes Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung zum Messen der Einspritzmenge von Einspritzsystemen; und

Figur 2 eine Ansicht ähnlich Figur 1 durch ein zweites Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung zum Messen der Einspritzmenge von Einspritzsystemen.

In Figur 1 trägt eine Vorrichtung zum Messen der Einspritzmenge von Einspritzsystemen insgesamt das

- 7 -

Bezugszeichen 10. Sie umfasst einen zentral angeordneten Körper 12, der auf einer Hülse 14 gehalten ist. Diese steht wiederum auf einer Grundplatte 16. Die Fixierung der Vorrichtung 10 erfolgt an der Grundplatte 16.

5

In den zentralen Körper 12 ist eine im Wesentlichen zentrische Stufenbohrung 18 eingebracht. In deren obersten Abschnitt ist ein zylindrischer Einsatz 20 eingesetzt, der sich mit einem Kragen 22 an der Oberseite des zentralen Körpers 12 abstützt. Auf den Einsatz 20 ist ein Kopf 24 druckdicht aufgesetzt, in den ebenfalls eine Stufenbohrung 26 eingebracht ist, die in dem in Figur 1 dargestellten zusammengebauten Zustand coaxial zur Stufenbohrung 18 verläuft. In die Stufenbohrung 26 ist von oben her ein Adapter 28 eingesetzt und gegenüber der Stufenbohrung 26 durch O-Ringe 30 abgedichtet. In den Adapter 28 wird ein Einspritzsystem, vorliegend ein Injektor 32, mit seiner Einspritzdüse 33 eingesetzt. Der Injektor 32 ist wiederum mit einer Hochdruck-Prüffluidversorgung (nicht dargestellt) verbunden. In den unteren Bereich der Stufenbohrung 26 im Kopf 24 ist ein Spritzdämpfer 34 eingesetzt. Die Temperatur im unteren Bereich der Stufenbohrung 26 wird durch einen Temperaturfühler 36 erfasst.

Im Einsatz 20 ist ebenfalls eine Bohrung 38 vorhanden, die in der in Figur 1 dargestellten Einbaulage coaxial zur Stufenbohrung 18 bzw. zur Stufenbohrung 26 verläuft. In der Bohrung 38 ist ein Kolben 40 gleitend geführt. Der Kolben 40 wird von einer Schraubenfeder 42 nach oben gedrückt, die sich an einer Messgeberaufnahme 44 abstützt. Eine Messkammer 45 wird durch die Oberseite des Kolbens 40, den unteren gewindelosen Bereich des Spritzdämpfers 34 und den unteren Bereich der Stufenbohrung 26 begrenzt. Der Kolben 40 ist als geschlossener Hohlkörper ausgeführt.

35

In der Messgeberaufnahme 44 ist ebenfalls eine

- 8 -

Stufenbohrung 46 vorhanden, die in der in Figur 1 dargestellten Einbaulage ebenfalls koaxial zu den anderen Stufenbohrungen 18, 26 und 38 ist. An die Unterseite der Messgeberaufnahme 44 ist eine Aufnahme 48 für eine Schraubenfeder 54 angeschraubt. Diese Aufnahme 48 greift mit einem Ansatz 50 in den unteren Bereich der Stufenbohrung 46 ein und besitzt selbst ebenfalls eine zentrische Stufenbohrung 52.

Die Schraubenfeder 54 stützt sich an einem Absatz der Stufenbohrung 52 ab. Sie drückt eine Sensorhalterung 56 nach oben gegen einen radial nach innen weisenden Kragen der Messgeberaufnahme 44. Die Sensorhalterung 56 ist insgesamt rohrförmig und in ihren oberen Bereich ist ein Wirbelstromsensor 58 so eingeschraubt, dass sein oberes Ende in geringem Abstand unterhalb des unteren Endes des Kolbens 40 liegt. Ein Anschlusskabel 60 des Wirbelstromsensors 58 ist durch die rohrförmige Sensorhalterung 56 und die Aufnahme 48 für die Schraubenfeder 54 nach außen geführt und an eine in der Figur nicht dargestellte Auswerteeinrichtung angeschlossen.

In der Figur ist links von dem Kopf 24 noch ein elektromagnetisch betätigbares Entleerungsventil 62 montiert, durch welches das Prüffluid aus der Messkammer 45 abgeführt werden kann. Außerdem ist links vom zentralen Körper 12 ein Gleichdruckventil 64 montiert, welches auch bei sehr unterschiedlichen Gasdrücken unterhalb des Kolbens 40 für eine nahezu vom Gasdruck unterhalb des Kolbens 40 unabhängige Entleerungsrate der Messkammer 45 sorgt, wenn das elektromagnetisch betätigbare Entleerungsventil 62 geöffnet ist.

Eine weitere Funktion des Gleichdruckventils 64 besteht darin, den Druck in einer radial um den Kolben umlaufenden Nut (ohne Bezugszeichen) im Einsatz 20 auf einen

- 9 -

geringfügig niedrigeren Druck als in der Messkammer 45 einzuregeln. Durch die definierte geringe Druckdifferenz zwischen der Messkammer 45 und der Nut werden Spaltleckagen zwischen dem Kolben 40 und dem Einsatz 20 nahezu konstant und darüber hinaus sehr klein gehalten. Die Größe dieser nahezu konstanten kleinen Leckage wird softwaremässig in der Auswerteeinrichtung erfasst. Des Weiteren wird durch das Gleichdruckventil 64 der "Gasverbrauch" der Vorrichtung 10 reduziert, wenn die Vorrichtung 10 mit einem höheren Gasdruck unter dem Kolben 40 als dem Umgebungsluftdruck betrieben wird.

Die in Figur 1 dargestellte Vorrichtung 10 zur Messung der Einspritzmenge eines Einspritzsystems 32 arbeitet folgendermaßen:

Über die Hochdruck-Prüffluidversorgung wird dem Einspritzsystem 32 und seiner Einspritzdüse 33 Prüffluid (nicht dargestellt) zugeführt und über den Spritzdämpfer 34 in die ebenfalls mit Prüffluid gefüllte Messkammer 45 eingespritzt. Durch den Spritzdämpfer 34 wird verhindert, dass die Einspritzstrahlen direkt auf die Oberseite des Kolbens 40 treffen. Ein direktes Auftreffen der Einspritzstrahlen auf den Kolben 40 könnte diesen in Schwingungen versetzen, welche nicht dem tatsächlichen Verlauf der Einspritzung entsprechen. Durch die Einspritzung von Prüffluid in die Messkammer 45 erhöht sich das Prüffluidvolumen in der Messkammer 45. Das zusätzlich in die Messkammer 45 gelangende Volumen beschleunigt den Kolben 40 nach unten gegen die Kraft der Schraubenfeder 42 und den Gasdruck unterhalb des Kolbens 40. Hierdurch verändert sich der Abstand zwischen der Unterseite des Kolbens 40 und dem Wirbelstromsensor 58.

Diese Veränderung des Abstandes zwischen dem Wirbelstromsensor 58 und der Unterseite des Kolbens 40 wird

- 10 -

vom Wirbelstromsensor 58 auf folgende Art und Weise erfasst: Der Wirbelstromsensor 58 umfasst unter anderem eine nicht dargestellte Wicklung. An die Wicklung ist ein magnetisches Wechselfeld angelegt. Die Feldlinien dieses magnetischen Wechselfelds dringen in die untere Begrenzungswand bzw. den Boden des geschlossenen Kolbens 40 ein. Durch das magnetische Wechselfeld werden in diesem Boden des Kolbens 40 Wirbelströme erzeugt.

Diese Wirbelströme im Boden des Kolbens 40 nehmen mit geringerem Abstand zwischen dem Wirbelstromsensor 58 und dem Boden des Kolbens 40 zu. Auf der Eingangsseite der Wicklung des Wirbelstromsensors 58 haben diese Änderungen der Wirbelströme Änderungen der komplexen Eingangsimpedanz zur Folge. Diese Änderungen werden in der Auswerteeinheit messtechnisch ausgewertet und hieraus eine Strecke bestimmt, über die sich der Kolbenboden und damit auch der Kolben 40 bewegt hat.

Um eine möglichst geringe Eindringtiefe des magnetischen Wechselfeldes in den Boden des Kolbens 40 realisieren zu können, was wiederum den Bau eines Kolbens 40 mit geringer Wandstärke und somit geringer Masse erlaubt, ist es vorteilhaft, einerseits ein Wechselfeld mit hoher Frequenz zu verwenden und andererseits ein Material für den Kolben bzw. den Kolbenboden zu verwenden, welches eine möglichst hohe elektrische Leitfähigkeit aufweist. Gleichzeitig sollte das Material selbst natürlich möglichst leicht sein. Dies ist z.B. bei Aluminium der Fall.

Bei der Vorrichtung 10 können somit die bei einer Einspritzung zu bewegenden Teile im Hinblick auf ihre Masse möglichst klein gehalten werden. Eine Bewegung zusätzlicher Komponenten der Erfassungseinrichtung ist nicht erforderlich. Aufgrund dieser geringen bewegten Masse kann der Kolben 40 dem von der Einspritzdüse 33 eingespritzten

- 11 -

Prüffluidvolumen im Wesentlichen unmittelbar folgen. Somit sind auch kleinste Einspritzmengen sowie unmittelbar aufeinander folgende Teileinspritzungen innerhalb einer Gesamteinspritzung mit hoher Genauigkeit messbar. Darüber hinaus sind die auftretenden Schwingungen des Kolbens 40 geringer und klingen auch schneller ab.

In Figur 2 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung 10 zur Messung der Einspritzmenge von Einspritzsystemen dargestellt. Solche Komponenten, welche funktionsäquivalent sind zu Teilen, die bereits im Zusammenhang mit Figur 1 beschrieben und dargestellt worden sind, tragen in Figur 2 die gleichen Bezugszeichen und sind nicht nochmals im Detail erläutert. Der Einfachheit halber wird nur auf einige Unterschiede der in Figur 2 dargestellten Vorrichtung 10 zu der in Figur 1 dargestellten Vorrichtung 10 ausführlicher eingegangen:

Zunächst ist festzuhalten, dass der Kolben 40 in Figur 2 nicht geschlossen ist, sondern auf seiner Unterseite offen ist. In diese Öffnung ist, coaxial zum Kolben 40 und zur Stufenbohrung 18, ein Zentralrohr 66 eingeführt. Das Zentralrohr 66 erstreckt sich vom unteren Randbereich des Kolbens 40 senkrecht nach unten bis etwa auf Höhe des Zwischenstücks 44.

Neben dem Zentralrohr 66, also außerhalb der Mittelachse der Stufenbohrungen 18, 26 und 46, ist ein Referenzrohr 68 vorgesehen, dessen Längsachse parallel zur Längsachse des Zentralrohrs 66 verläuft. Das Referenzrohr 68 erstreckt sich ebenfalls vom Zwischenstück 44 bis zum unteren Rand eines Hohlraums 70, der im zentralen Körper 12 vorgesehen ist und nach oben hin durch ein Zylinderteil 71 begrenzt wird, welches in die Stufenbohrung 18 im zentralen Körper 12 eingesetzt ist. Unter dem Zwischenstück 44 befindet sich eine Glasscheibe (ohne Bezugszeichen), welche von einem

- 12 -

ringförmigen Halter 48 gehalten wird. Diese Glasscheibe ermöglicht es, im Hohlraum 70 einen anderen Druck als in der Umgebung einzustellen.

5 Die Grundplatte 16 hat bei der in Figur 2 dargestellten Vorrichtung 10 eine mittige Öffnung 72 und auf die Oberseite der Grundplatte 16 ist ein als Steg ausgeführter Halter 74 aufgeschraubt. Von diesem Halter 74 werden
10 wiederum die Enden zweier faseroptischer Lichtleiter 76 und 78 gehalten. Die Enden der Lichtleiter 76 und 78 sind dabei so ausgerichtet, dass das eine Ende coaxial zum Zentralrohr 66 und das andere Ende coaxial zum Referenzrohr 68 ist. Die in Figur 2 nicht sichtbaren anderen Enden der beiden
15 Lichtleiter 76 und 78 sind über verschiedene optische Bauelemente mit einer Laserlichtquelle sowie der weiteren Sensorik und Auswertelektronik eines Laser-Doppler-Vibrometers verbunden.

20 Dabei verläuft der vom Lichtleiter 78 übertragene und an seinem Ende austretende Laserstrahl coaxial zum Zentralrohr 66 und trifft auf die Unterseite der oberen Begrenzungswand des Kolbens 40. Der entsprechende Laserstrahl, welcher am Ende des Lichtleiters 76 austritt, ist coaxial zum Referenzrohr 68 und strahlt gegen die Unterseite des
25 Zylinderteils 71. Der vom Kolben 40 reflektierte Messstrahl und der vom Zylinderteil 71 reflektierte Referenzstrahl werden in der optischen Einrichtung überlagert.

Bei dieser Überlagerung entsteht eine
30 Intensitätsmodulation, deren Frequenz proportional zu der Bewegungsgeschwindigkeit des Messobjekts ist. Um die Bewegungsrichtung erkennen zu können, wird ein akustooptischer Modulator, eine sog. Braggzelle verwendet. Aus der Geschwindigkeit des Kolbens 40 kann der vom Kolben
35 40 bei einer Einspritzung durch die Einspritzdüse 33 zurückgelegte Weg bestimmt werden, aus dem wiederum die

- 13 -

Menge an eingespritztem Prüföl ermittelt werden kann.

Die Messgenauigkeit eines Laser-Doppler-Vibrometers ist sehr hoch, so dass auch kleinste Einspritzmengen sicher
5 erfasst werden können. Dabei ist die Masse, die bei einer Einspritzung zu bewegen ist, sehr klein, da der Kolben 40 zum einen offen ist und zum anderen die berührungslose Messeinrichtung keine zusätzlichen Teile am Kolben 40 erfordert. Es versteht sich dabei, dass auch ein Einpunkt-
10 Doppler-Laser-Vibrometer verwendet werden könnte.

Bei einem nicht dargestellten Ausführungsbeispiel bildet der Kolben eine Elektrode eines Kondensators. In diesem Fall könnte aus der Kapazitätsänderung, welche bei einer
15 Bewegung des Kolbens 40 eintritt, auf die vom Kolben 40 zurückgelegte Wegstrecke und hieraus ebenfalls wieder auf die eingespritzte Fluidmenge geschlossen werden. Auch eine Ausbildung der Erfassungseinrichtung mit einem Laser-Triangulationsgerät ist möglich. Ebenso ist ein Laser-
20 Interferometer einsetzbar.

Es sei an dieser Stelle ebenfalls ausdrücklich darauf hingewiesen, dass auch eine Vorrichtung vorstellbar ist, bei der mehrere, unterschiedliche berührungslose
25 Erfassungseinrichtungen an demselben Kolben eingesetzt werden. Hierdurch ist es möglich, die Funktion der Vorrichtung zu überwachen. Darüber hinaus können die unterschiedlichen Erfassungseinrichtungen sich gegenseitig kalibrieren und systemspezifische Fehlergrößen ausgefiltert
30 werden. Hierdurch ist nochmals eine erhebliche Verbesserung der Messgenauigkeit möglich.

5

Ansprüche

- 10 1. Vorrichtung (10) zum Messen der Einspritzmenge von
Einspritzsystemen (32) insbesondere für Kraftfahrzeuge und
insbesondere in der Fertigungsprüfung, mit einer Messkammer
(45), einer Verbindungseinrichtung (28), durch die
mindestens ein Einspritzsystem (32) mit der Messkammer (45)
15 druckdicht verbindbar ist, mit einem Kolben (40), der
mindestens bereichsweise die Messkammer (45) begrenzt, und
mit einer Erfassungseinrichtung (58), die eine Bewegung des
Kolbens (40) erfasst, dadurch gekennzeichnet, dass die
Erfassungseinrichtung (58) berührungslos arbeitet.
- 20 2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
dass die Erfassungseinrichtung (58) keine mit dem Kolben
(40) verbundenen Teile aufweist.
- 25 3. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch
gekennzeichnet, dass die Erfassungseinrichtung kapazitiv
arbeitet.
- 30 4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet,
dass der Kolben oder ein Teil des Kolbens eine Elektrode
eines Kondensators bildet.
- 35 5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Erfassungseinrichtung
induktiv arbeitet und insbesondere einen Wirbelstromsensor
(58) umfasst.

- 15 -

6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Erfassungseinrichtung nach dem Laser-Triangulationsverfahren arbeitet.

5 7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Erfassungseinrichtung ein Laser-Interferometer umfasst.

10 8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Erfassungseinrichtung ein Laser-Doppler-Vibrometer umfasst.

15 9. Verfahren zum Messen der Einspritzmenge von Einspritzsystemen (32) insbesondere für Kraftfahrzeuge und insbesondere in der Fertigungsprüfung, bei dem ein Prüffluid von einem Einspritzsystem (32) in eine Messkammer (45) eingespritzt wird und die durch die Einspritzung bewirkte Bewegung eines durch eine Wand der Messkammer (45) hindurchgeführten Kolbens (40) erfasst wird, dadurch
20 gekennzeichnet, dass die Bewegung des Kolbens (40) berührungslos erfasst wird.

1 / 2

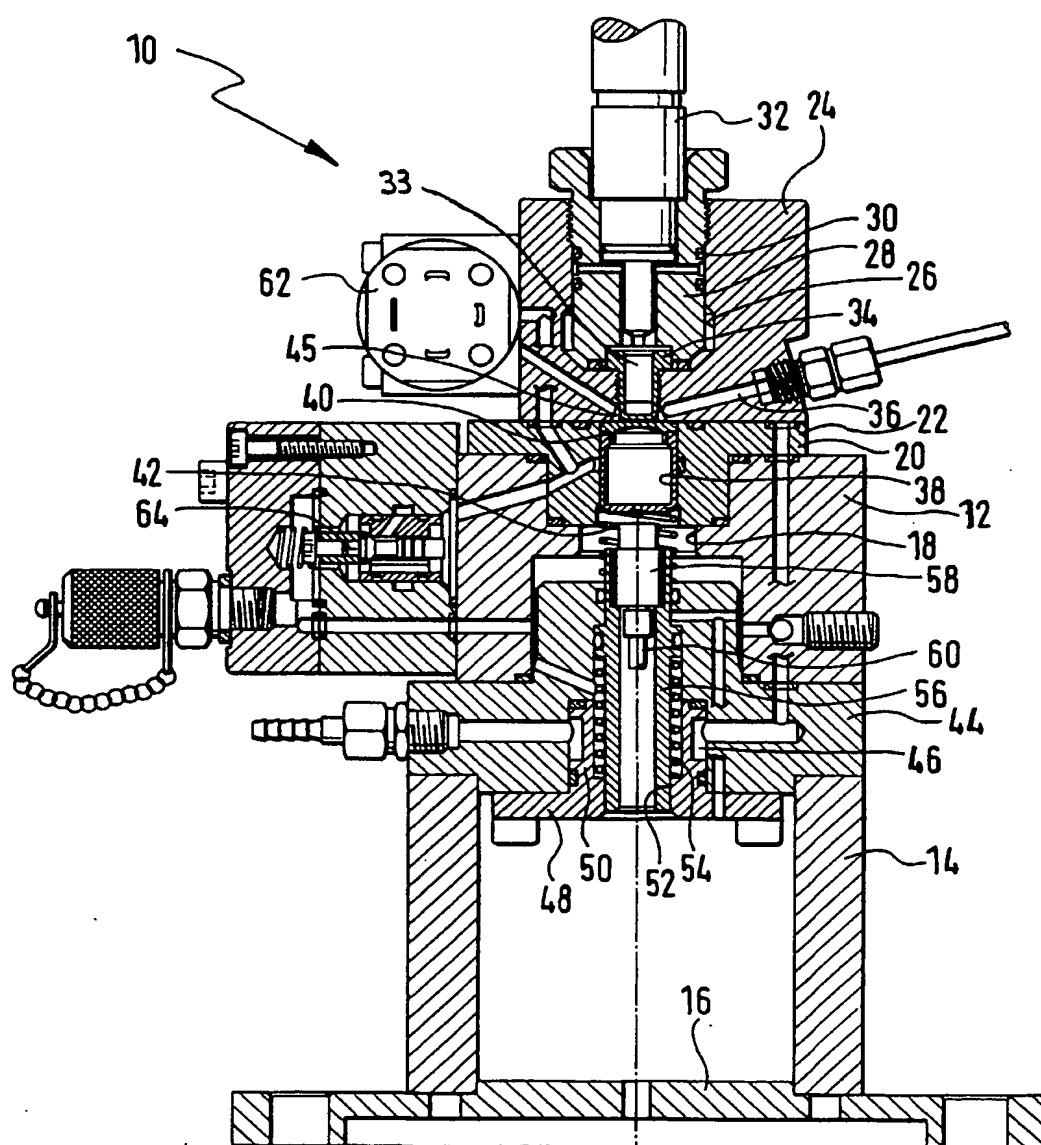
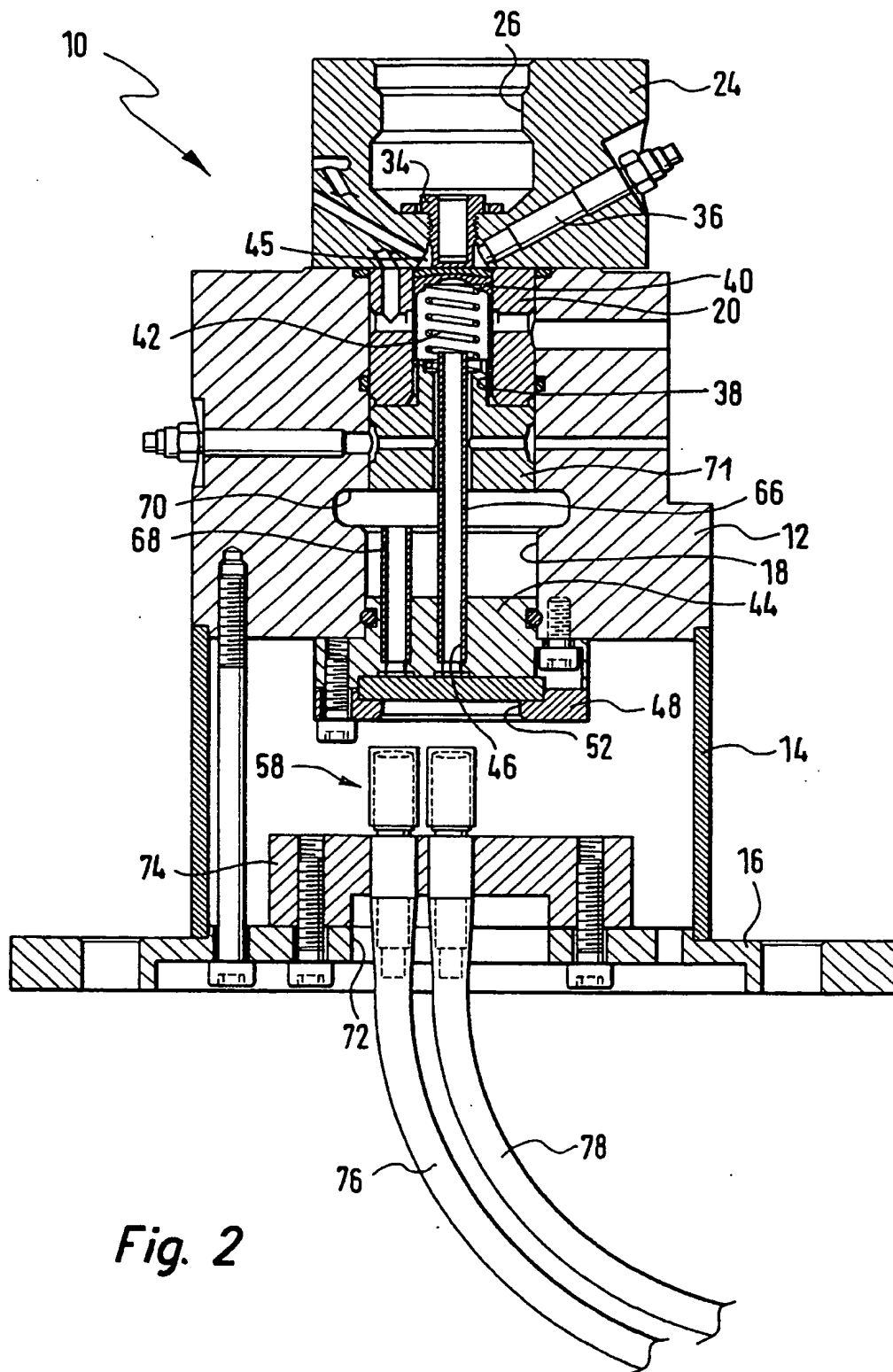


Fig. 1

2 / 2

**Fig. 2**